

#2

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 22 AVR. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ  
PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2**

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 260899

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>29 MARS 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0203974</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>29 MARS 2002</b>		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b> Mariano DOMINGUEZ THALES INTELLECTUAL PROPERTY 13, Avenue du Président Salvador Allende 94117 ARCUEIL CEDEX	
<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b> <b>62 778</b>			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		N°	Date <input type="text"/>
		N°	Date <input type="text"/>
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/>	N° <input type="text"/> Date <input type="text"/>
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> PROCEDE DE MESURE DE PUISSANCE D'AMPLIFICATEUR A TUBES HYPERFREQUENCES ET DISPOSITIF DE MISE EN ŒUVRE DU PROCEDE			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation <input type="text"/> N° <input type="text"/> Date <input type="text"/> Pays ou organisation <input type="text"/> N° <input type="text"/> Date <input type="text"/> Pays ou organisation <input type="text"/> N° <input type="text"/> Date <input type="text"/> <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		THALES	
Prénoms			
Forme juridique		S.A.	
N° SIREN		5 . 5 . 2 . 0 . 5 . 9 . 0 . 2 . 4	
Code APE-NAF		. . .	
Adresse	Rue	173, Boulevard Haussmann	
	Code postal et ville	75008	PARIS
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			



# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>29 MARS 2002</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0203974</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	
<b>Vos références pour ce dossier :</b> <i>(facultatif)</i>		<b>62778</b>	
<b>6 MANDATAIRE</b>			
Nom		DOMINGUEZ	
Prénom		Mariano	
Cabinet ou Société		THALES - INTELLECTUAL PROPERTY	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		8325	
Adresse	Rue	13, Avenue du Président Salvador Allende	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01 41 48 45 20	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		01 41 48 45 01	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
<b>7 INVENTEUR (S)</b>			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)  Mariano DOMINGUEZ		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI	

## PROCEDE DE MESURE DE PUISSANCE D'AMPLIFICATEUR A TUBES HYPERFREQUENCES ET DISPOSITIF DE MISE EN ŒUVRE DU PROCEDE

Cette invention concerne un amplificateur équipé de tubes hyperfréquences à ondes progressives (TOP) qui constituent le dernier étage des émetteurs de télécommunications mis en œuvre dans les liaisons sol-satellites et satellites-sol. Ils peuvent aussi être utilisés dans d'autres types d'émetteurs destinés par exemple à des applications militaires, scientifiques,  
5 de métrologie, télécommunications, liaisons terrestres, faisceaux hertziens...

La figure 1 montre le schéma de principe de ce dernier étage qui comporte un tube hyperfréquences 10 de type TOP attaqué par un signal  $U_e$  qui est une onde électromagnétique modulée provenant d'un  
10 préamplificateur 12 et des étages de faible niveau. Ce signal est de l'ordre de quelques dizaines de milliwatts à une fréquence comprise dans une bande « télécommunication », par exemple 12.75 – 14.50 GHz. L'amplificateur attaque une charge qui est dans cet exemple une antenne 14 d'émission. Une alimentation 15 fournit les différentes hautes tensions nécessaires au  
15 fonctionnement du tube.

Le TOP 10 est à collecteur dépressé. Sa sortie est sur guide rectangulaire ou coaxial, par exemple WR 75. Un filtre 16 à la sortie du TOP est imposé par les normes « télécommunications » ; il permet d'éviter l'émission de fréquences indésirables qui seraient générées en raison des  
20 non-linéarités du TOP. Un circulateur 18 après le filtre 16 évite toute réflexion intempestive d'énergie hyperfréquence vers le tube.

Un premier coupleur 20 en sortie du circulateur 18, suivi des transitions et câbles adéquats, permet de rendre disponible sur une face avant de l'amplificateur, un échantillon de la puissance de sortie  $P_s$  de  
25 l'amplificateur pour mesure, en cas de besoin, par l'utilisateur.

Un deuxième coupleur 22 en sortie du circulateur, suivi d'une détection haute fréquence (HF) 24 et des câbles et transitions adéquats, permet la génération d'un signal représentatif de la puissance de sortie  $P_s$ , nécessaire au bon fonctionnement du dispositif de contrôle et de régulation  
30 (non représenté sur la figure) du TOP.

Un troisième coupleur 26 suivi d'une autre détection HF 28 permet, de même, la génération d'un signal représentatif de la puissance

réfléchi  $P_r$  par l'utilisateur, dans cet exemple par l'antenne 14 d'émission. Ce signal de puissance réfléchi est souvent mis en œuvre dans un système à seuil, ce qui permet de sauvegarder tout l'équipement en cas de désadaptation importante de cette utilisation. Aux deuxième 22 et troisième 5 26 coupleurs sont, bien entendu, associées des tables et, par exemple, des cartes d'étalonnages.

Ces dispositifs de mesure en sortie du TOP sont coûteux, d'une part, du fait du nombre de coupleurs, détecteurs RF et transitions HF utilisés et, d'autre part, par les réglages et étalonnages nécessaires en fonction de la 10 puissance et des fréquences d'émission.

La figure 2 montre le schéma simplifié d'un tube à ondes progressives 30. Un faisceau d'électrons 32, relativement filiforme et cylindrique, émis par une cathode 34 du TOP, circule le long de l'axe  $ZZ'$  d'une hélice métallique 36. Un signal d'entrée RF à amplifier est injecté à une 15 première extrémité 38 de l'hélice, à la fréquence  $F$ . L'interaction entre le faisceau d'électrons 32 et le signal électromagnétique se propageant sur l'hélice 36 est telle que les électrons se regroupent en paquets périodiques, à la fréquence  $F$ , et cèdent leur énergie au signal d'entrée radiofréquence (RF) qui se trouve être ainsi amplifié et extrait à l'autre extrémité 40 de l'hélice 20 (sortie RF). Très schématiquement, les électrons cèdent ainsi 20 à 30% de leur énergie au signal RF d'entrée. Ce pourcentage de cession d'énergie (20 à 30 %) est appelé « rendement électrique ». Après avoir quitté l'hélice, les électrons pénètrent dans un collecteur 42 où ils devraient dissiper, sous forme thermique, les 80 à 70% de leur énergie cinétique restante.

25 En réalité, le collecteur 42 est porté à un potentiel  $V_c$  qui permet de ralentir les électrons avant qu'ils ne frappent les parois du collecteur. La valeur maximum de la tension  $V_c$  de collecteur est imposée par l'interdiction de réfléchir des électrons vers l'hélice. La figure 2 illustre ce phénomène.

Dans l'exemple proposé, les électrons entrent dans l'hélice à la 30 vitesse  $V_1$  correspondant à une tension de 10 Kv. Après avoir cédé 2 kW, ils sortent de l'hélice à une vitesse moindre  $V_2$ , qui correspond à 8 Kv puisque le faisceau est de 1A. La tension  $V_c$  du collecteur a été choisie égale à 6 kV par rapport à la cathode. Aucun électron n'est donc réfléchi. La tension de collecteur  $V_c$  aurait même pu être choisie beaucoup plus basse par exemple 35 à 2 Kv, valeur au-delà de laquelle les électrons auraient été réfléchis. En fait,

les électrons ne sortent pas à la vitesse  $V_2$ , mais avec une dispersion de vitesses, souvent assez large, autour de  $V_2$ , d'où la marge prise dans le choix de  $V_c$ .

Le freinage des électrons par la tension  $V_c$  de collecteur réduit l'énergie à dissiper thermiquement sur les parois, et donc l'énergie prélevée à l'alimentation haute tension du faisceau d'électrons. Le rendement global devient alors plus important.

De plus, cette augmentation du rendement est d'autant plus importante qu'on utilise non pas un seul collecteur déprimé, mais un collecteur à plusieurs électrodes ou « plusieurs étages ». La figure 3 montre un tel tube à ondes progressives comportant un collecteur à quatre étages E1, E2, E3, E4. Le premier étage E1 a pour rôle de freiner et de recueillir les électrons les plus lents, le dernier étage E4, en fond de collecteur, les électrons les plus rapides.

La figure 4 représente une coupe dans la zone des électrodes E1, E2, E3 et E4 du collecteur d'un tel tube TOP à quatre étages. Le faisceau d'électrons 32, en sortie de l'hélice 36, arrivant dans la zone des collecteurs, se disperse selon des trajectoires directes 52 (en traits pleins) et des trajectoires secondaires 54 vers les quatre électrodes. Les lignes en traits pointillés montrent les équipotentielles 56.

Des mesures récentes effectuées dans le cadre des améliorations de la mise en œuvre de TOP dans les émetteurs de télécommunications ont montré qu'il existe, par exemple, dans le cas d'un TOP à collecteur déprimé à deux étages, une relation entre la puissance de sortie  $P_s$  haute fréquence du TOP et le courant de collecteur. En effet, le courant  $I_{c1}$  généré par le premier étage E1 du collecteur est une fonction univoque et croissante du taux de modulation du courant faisceau et donc de la puissance de sortie  $P_s$  en haute fréquence.

Un premier objet de l'invention est de simplifier les mesures de puissances de sortie d'un amplificateur hyperfréquences à tubes.

Un autre objet est de diminuer le coût de l'amplificateur en supprimant des pièces et des réglages nécessaires dans l'état de l'art de mesure de puissance des amplificateurs à tubes hyperfréquences.

A cet effet, l'invention propose un procédé de mesure de la puissance RF de sortie d'un amplificateur à tube hyperfréquence, le tube

comportant un canon à électrons fournissant un faisceau d'électrons, un circuit RF d'interaction entre un signal RF et le faisceau d'électrons, le circuit RF ayant une sortie de signal RF amplifié, un collecteur ayant au moins deux électrodes pour recueillir le faisceau d'électrons, ces électrodes étant  
 5 respectivement séparées du canon par des distances croissantes, la première électrode étant la plus proche du canon, caractérisé en ce que la puissance de sortie RF en sortie de signal RF amplifié est déterminée à partir de la mesure du courant  $I_{c1}$  issu de la première électrode, un calcul de la puissance RF de sortie étant effectué par une relation prédéterminée entre  
 10 ledit courant  $I_{c1}$  et la puissance de sortie de l'amplificateur.

La simplification proposée consiste donc à remplacer la mesure directe et/ou la détection HF de la puissance RF de sortie  $P_s$  par la seule mesure du courant  $I_{c1}$  de la première électrode du collecteur du tube.

Cette mesure de  $I_{c1}$  est suffisamment précise pour satisfaire  
 15 l'indication de puissance de face avant de l'amplificateur et surtout pour les nécessités de contrôle de l'ensemble de l'alimentation du TOP, la logique de traitement de l'amplificateur et les différents traitements de signaux.

La mesure du courant  $I_{c1}$  peut se faire directement en basse tension comme nous verrons plus loin. Cette mesure permet donc, avec une  
 20 précision potentiellement meilleure que celle de l'état de l'art, de supprimer l'ensemble des éléments HF associés aux mesures de puissance de sortie, soit, deux coupleurs de mesures de la puissance  $P_s$  de sortie, une diode RF de mesure, les connecteurs et les coaxiaux de liaison aux châssis.

L'invention concerne aussi un amplificateur à tube  
 25 hyperfréquences, le tube comportant un canon à électrons fournissant un faisceau d'électrons, un circuit RF d'interaction entre un signal RF et le faisceau d'électrons, le circuit RF ayant une sortie de signal RF amplifié, un collecteur ayant au moins deux électrodes pour recueillir le faisceau d'électrons, ces électrodes étant respectivement séparées du canon par des  
 30 distances croissantes, la première électrode étant la plus proche du canon, caractérisé en ce qu'il comporte des premiers moyens de mesure du courant  $I_{c1}$  issu de la première électrode et des seconds moyens de détermination de la puissance de sortie RF à partir de la mesure de ce courant  $I_{c1}$ .

L'invention sera mieux comprise à l'aide d'exemples de réalisations selon l'invention, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1, déjà décrite, montre le schéma de principe d'un amplificateur comportant un tube hyperfréquences à ondes progressives ;
- la figure 2, déjà décrite montre le schéma simplifié d'un tube à ondes progressives (TOP) ;
- la figure 3, déjà décrite, montre un TOP ayant un collecteur à plusieurs électrodes ou « plusieurs étages » ;
- la figure 4, déjà décrite, montre une coupe dans la zone des électrodes d'un TOP à quatre étages ;
- la figure 5 montre le schéma de principe d'un amplificateur selon l'invention comportant un TOP ;
- les figures 6a, 6b et 6c montrent des courbes de variation de la puissance de sortie  $P_s$  en fonction du courant de la première électrode d'un TOP à deux étages ;
- les figures 7a, 7b, 7c et 7d montrent des courbes de variation de la puissance de sortie  $P_s$  en fonction du courant de la première électrode d'un TOP à quatre étages ;
- la figure 8 montre un circuit de mesure du courant de collecteur de l'amplificateur de la figure 5 selon l'invention.

La figure 5 montre un schéma de principe d'un amplificateur selon l'invention comportant un TOP. L'amplificateur comporte le tube hyperfréquences 10 de type TOP à collecteur déprimé attaqué par un signal d'entrée RF provenant du préamplificateur 12. L'amplificateur attaque à travers le filtre 16 et le circulateur 18 l'antenne 14 d'émission. Une alimentation 72 fournit les différentes hautes tensions nécessaires au fonctionnement du tube.

L'amplificateur comporte, en outre, un circuit 74 de mesure du courant  $I_{c1}$  issu de la première électrode E1 du TOP.

La relation entre la puissance de sortie  $P_s$  et le courant  $I_{c1}$ , dans le cas d'un TOP ayant un collecteur à deux étages ( $N=2$ ), est sensiblement assimilable à une droite telle que  $P_s = k \cdot I_{c1}$ ,  $k$  étant une constante. Cette relation pour ce type de TOP varie ou peut varier suivant la fréquence de fonctionnement dans la bande allouée, cette relation comportera une formule



d'interpolation de la fréquence d'émission. On entrera alors dans un circuit de traitement 76 de l'amplificateur la relation  $P_s = f(I_{c1})$  à plusieurs fréquences et une formule d'interpolation pour toutes fréquences autres que les précédentes.

5 Dans le cas d'un collecteur à deux étages, souvent rencontré dans les TOP pour émetteurs au sol, les relations, selon les bandes de fréquence d'émission, entre la puissance de sortie  $P_s$  en fonction du courant  $I_{c1}$  de la première électrode E1,  $P_s = f(I_{c1})$ , sont très proches de droites. Les figures 6a, 6b et 6c montrent respectivement de telles relations  $P_s = f(I_{c1})$  10 respectivement pour une fréquence F d'émission à 30 GHz, dans la bande C et dans une bande de fréquence de 12,75 – 14,5 GHz.

La figure 6a représente une courbe 80, de la puissance de sortie  $P_s$  en fonction du courant  $I_{c1}$  collecteur du premier étage d'un TOP, de puissance nominale de sortie de 12W, fonctionnant à 30GHz, Cette courbe 15 80 peut être approchée par une droite 82 d'équation :

$$P_s = 1,1491.I_{c1} + 2,2931 \quad (1)$$

$P_s$  étant exprimée en W et  $I_{c1}$  en mA.

La figure 6b représente une courbe 64 la puissance de sortie  $P_s$  en fonction du courant  $I_{c1}$  d'un TOP de puissance nominale 750W 20 fonctionnant dans la bande C. Cette courbe 84 peut être approchée par une droite 86 d'équation :

$$P_s = 3,148.I_{c1} + 110,2 \quad (2)$$

La figure 6c représente une autre courbe 88 de la puissance de sortie  $P_s$  en fonction du courant  $I_{c1}$  du TOP de la figure 5b de 750W 25 fonctionnant dans la bande de fréquences 12,75- 14,5 GHz. Cette autre courbe 88 peut être approchée par une droite 90 d'équation :

$$P_s = 2,9243.I_{c1} + 60,412 \quad (3)$$

Sur des dynamiques de 10 dB de puissance de sortie  $P_s$  du TOP, l'écart de mesure entre la puissance de sortie mesurée directement par des 30 moyens classiques et la puissance de sortie  $P_s$  du TOP mesurée indirectement à partir du courant  $I_{c1}$  de la première électrode, cet écart reste inférieur à 10 % et dépend, pour les faibles niveaux de la sensibilité de la mesure du courant collecteur  $I_{c1}$  de l'électrode E1.

Dans le cas des TOP comportant plus de deux étages, par 35 exemple, quatre étages (N=4) comme ceux utilisés sur les TOP satellites,

des mesures, pour différentes fréquences\* d'émission du TOP, de la puissance de sortie  $P_s$  du TOP en fonction du courant de collecteur  $I_{c1}$  ont été de la même façon effectuées. Ces mesures sont représentées par les courbes des figures 7a, 7b, 7c et 7d. Ces courbes sont assimilables à un polynôme croissant monotone ; elles sont également assimilables à des droites, bien qu'avec plus d'approximations que dans le cas d'un TOP à deux étages.

Dans le cas de la figure 7a du TOP à quatre étages fonctionnant à 21.95 GHz, la puissance de sortie  $P_s$  en fonction du courant  $I_{c1}$  collecteur du premier étage (courbe 100), peut être approchée par une droite d'équation :

$$P_s = 6,3524.I_{c1} + 21,916 \quad (4)$$

Dans le cas de la figure 7b le TOP à quatre étages fonctionne à 20.2 GHz, la puissance de sortie  $P_s$  en fonction du courant  $I_{c1}$  collecteur du premier étage (courbe 104), peut être approchée par une droite d'équation :

$$P_s = 5,1389.I_{c1} + 21,402 \quad (5)$$

Dans le cas de la figure 7c le TOP à quatre étages fonctionne à 18,7 GHz, la puissance de sortie  $P_s$  en fonction du courant  $I_{c1}$  collecteur du premier étage (courbe 108), peut être approchée par la fonction (courbe 110) d'équation :

$$P_s = 0,0174.I_{c1}^3 - 0,6093.I_{c1}^2 + 10,281.I_{c1} + 7,4151$$

Dans le cas de la figure 7d, le TOP à quatre étages fonctionne à 12,534 GHz, la puissance de sortie  $P_s$  en fonction du courant  $I_{c1}$  collecteur du premier étage (courbe 112), peut être approchée par la fonction (courbe 114) d'équation :

$$P_s = 0,0705.I_{c1}^3 - 2,0364.I_{c1}^2 + 22,106.I_{c1} + 4,8406$$

Donc suivant la précision recherchée, on entrera dans le circuit de traitement 76 de l'amplificateur une relation  $P_s = f(I_{c1})$  plus ou moins élaborée et ceci en plusieurs points de fréquence de la bande allouée. Et,

comme précédemment, une interpolation permettra de fonctionner à d'autres fréquences.

La figure 8 montre un circuit de mesure du courant de collecteur  $I_{c1}$  du premier étage E1 du TOP 10 de l'amplificateur de la figure 5 selon l'invention. L'alimentation haute tension 72 fournit à travers un transformateur TX1 une tension alternative U1 à un pont redresseur haute tension P1 comportant des diodes D1, D2, D3, D4 de redressement fournissant la haute tension continue Vc1 et le courant  $I_{c1}$  de la première électrode E1 du TOP.

Un transformateur de courant TX2 du circuit de mesure 74 comporte un primaire 120 en série avec un fil 122 d'alimentation en courant alternatif du pont redresseur haute tension P1 et un secondaire 124 générant une tension alternative Uc1 proportionnelle au courant alternatif dans le fil 122 représentative du courant  $I_{c1}$  d'alimentation de l'électrode E1. La tension Uc1, après redressement par un pont P2 de diodes D6, D7, D8, D9 est amplifiée par un amplificateur opérationnel classique A1 qui fournit, à sa sortie Sa, une tension Us1 proportionnelle au courant  $I_{c1}$  de la première électrode E1.

Le circuit de traitement 76 de type connu établit la relation, telle que décrite précédemment, entre la tension Us1 sortie du détecteur 74 représentative du courant  $I_{c1}$  et la puissance de sortie Ps de l'amplificateur 70. Ce circuit de traitement 76 peut être un calculateur utilisant par exemple un microprocesseur ou tout autre dispositif de calcul.

La relation  $P_s = f(I_{c1})$ , qui comme dit précédemment dans le cas d'un collecteur à deux étages, est sensiblement assimilable à une droite, varie ou peut varier, suivant la fréquence de fonctionnement dans la bande allouée. On entrera alors dans le circuit calculateur 76 de l'amplificateur la relation  $P_s = f(I_{c1})$  à plusieurs fréquences et une formule d'interpolation pour toutes fréquences autres que les précédentes.

Dans cette réalisation de la figure 5 selon l'invention les coupleurs suivis des transitions et câbles adéquats nécessaires aux mesures de puissance de sortie ont été supprimés rendant l'amplificateur plus simple et économique dans sa réalisation.

Le troisième coupleur 26 pour la mesure de la puissance réfléchie,  $P_r$ , par l'utilisateur, peut être aussi supprimé dans la mesure où le circulateur 18 assure la protection du TOP.

Dans le cas des TOP dont le collecteur déprimé présente plus de deux étages, par exemple à quatre étages comme ceux utilisés sur les TOP satellites. Les courbes de puissance de sortie  $P_s$  du TOP, fonction du courant de la première électrode  $I_{c1}$ , montrées aux figures 7a, 7b, 7c et 7d, sont assimilables à un polynôme croissant monotone ; elles sont également assimilables à des droites, bien qu'avec plus d'approximations que dans le cas des TOP à deux étages.

En résumé, l'amplificateur selon l'invention comporte les avantages suivants :

10            Mesure et/ou détection de puissance hyperfréquence de sortie d'un TOP remplacée par une simple mesure de courant.

Cette mesure de courant continu utilise une conversion AC-DC ce qui renforce encore le fait qu'elle soit peu coûteuse

• Elimination de :

15            - un ou deux coupleurs

- une ou deux transitions

- diode (s) de détection

- de connecteurs et coaxiaux

- d'étalonnages délicats de puissance

20            • Gain important en poids et volume par rapport aux accessoires nécessaires dans l'art antérieur.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de mesure de la puissance RF de sortie ( $P_s$ ) d'un amplificateur à tube hyperfréquence (10, 30, 50), le tube comportant un canon à électrons fournissant un faisceau (32) d'électrons, un circuit RF d'interaction (36) entre un signal RF et le faisceau d'électrons, le circuit RF ayant une sortie de signal RF amplifié, un collecteur ayant au moins deux électrodes (E1, E2, E3, E4) pour recueillir le faisceau d'électrons, ces électrodes étant respectivement séparées du canon par des distances croissantes, la première électrode (E1) étant la plus proche du canon, caractérisé en ce que la puissance de sortie RF en sortie de signal RF amplifié est déterminée à partir de la mesure du courant ( $I_{c1}$ ) issu de la première électrode, un calcul de la puissance RF de sortie ( $P_s$ ) étant effectué par une relation prédéterminée entre ledit courant et la puissance de sortie de l'amplificateur.
2. Procédé de mesure de la puissance RF selon la revendication 1, caractérisé en ce que tube hyperfréquences est un TOP.
3. Procédé de mesure de la puissance RF selon la revendication 2, caractérisé en ce que le collecteur du TOP comporte deux électrodes et en ce que la relation entre la puissance RF de sortie  $P_s$  et le courant  $I_{c1}$  de la première électrode est sensiblement assimilable à une droite telle que  $P_s = k \cdot I_{c1}$ ,  $k$  étant une constante.
4. Procédé de mesure de la puissance RF selon la revendication 2, caractérisé en ce que le collecteur du TOP (50) comporte plus de deux étages et en ce que la relation de la puissance RF de sortie ( $P_s$ ) du TOP en fonction du courant de collecteur ( $I_{c1}$ ) de la première électrode (E1) est assimilable à un polynôme croissant monotone.
5. Procédé de mesure de la puissance RF selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que la relation entre la puissance RF de sortie ( $P_s$ ) et le courant ( $I_{c1}$ ) de la première électrode (E1) comporte une formule d'interpolation de la fréquence d'émission du TOP.

6. Procédé de mesure de la puissance RF selon la revendication 2, caractérisé en ce que le collecteur du TOP (50) comporte plus de deux étages et en ce que la relation de la puissance RF de sortie ( $P_s$ ) en fonction du courant de collecteur ( $I_{c1}$ ) de la première électrode est assimilable à une droite, bien qu'avec plus d'approximations que dans le cas d'un TOP à deux étages.

7. Amplificateur à tube hyperfréquences (10, 30, 50), le tube comportant un canon à électrons fournissant un faisceau (32) d'électrons, un circuit RF d'interaction (36) entre un signal RF et le faisceau d'électrons, le circuit RF ayant une sortie de signal RF amplifié, un collecteur ayant au moins deux électrodes (E1, E2, E3, E4) pour recueillir le faisceau d'électrons, ces électrodes étant respectivement séparées du canon par des distances croissantes, la première électrode (E1) étant la plus proche du canon, caractérisé en ce qu'il comporte des premiers moyens de mesure (74) du courant ( $I_{c1}$ ) issu de la première électrode et des seconds moyens de détermination (76) de la puissance de sortie RF à partir de la mesure de ce courant ( $I_{c1}$ ).

8. Amplificateur à tube hyperfréquences selon la revendication 7, caractérisé en ce que les premiers moyens (74) comportent un transformateur (TX2) de courant alternatif d'alimentation  $I_{ca}$  de la première électrode en une tension de mesure ( $V_{c1}$ ) proportionnelle au dit courant.

9. Amplificateur à tube hyperfréquences selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'une alimentation haute tension (72) de l'amplificateur comportant un TOP fournit à travers un transformateur (TX1) une tension alternative U1 à un pont redresseur haute tension (P1) comportant des diodes (D1, D2, D3, D4) de redressement fournissant la haute tension continue  $V_{c1}$  et le courant  $I_{c1}$  de la première électrode (E1) du TOP, le transformateur de courant (TX2) du circuit de mesure (74) comportant un primaire (120) en série avec un fil (122) d'alimentation en courant alternatif du pont redresseur haute tension (P1) et un secondaire (124) générant une tension alternative  $U_{c1}$  proportionnelle au courant alternatif  $I_{ca}$  dans le fil (122) représentative du courant  $I_{c1}$  d'alimentation de la première électrode

(E1), la tension alternative  $U_{c1}$ , après redressement par un pont (P2) de diodes (D6, D7, D8, D9) étant amplifiée par un amplificateur opérationnel classique (A1) fournissant à sa sortie (Sa) une tension  $U_{s1}$  proportionnelle au courant  $I_{c1}$  de la première électrode (E1).

5

10. Amplificateur à tube hyperfréquences selon l'une des revendications 7 à 9, caractérisé en ce que les seconds moyens comportent un circuit de traitement (76) de type connu établissant la relation entre la tension  $U_{s1}$  sortie du détecteur (74) représentative du courant  $I_{c1}$  et la puissance de sortie  $P_s$  de l'amplificateur (70).

10

11. Amplificateur à tube hyperfréquences selon la revendication 10, caractérisé en ce que le circuit de traitement (76) peut être un calculateur utilisant par exemple un microprocesseur ou tout autre dispositif de calcul.

15

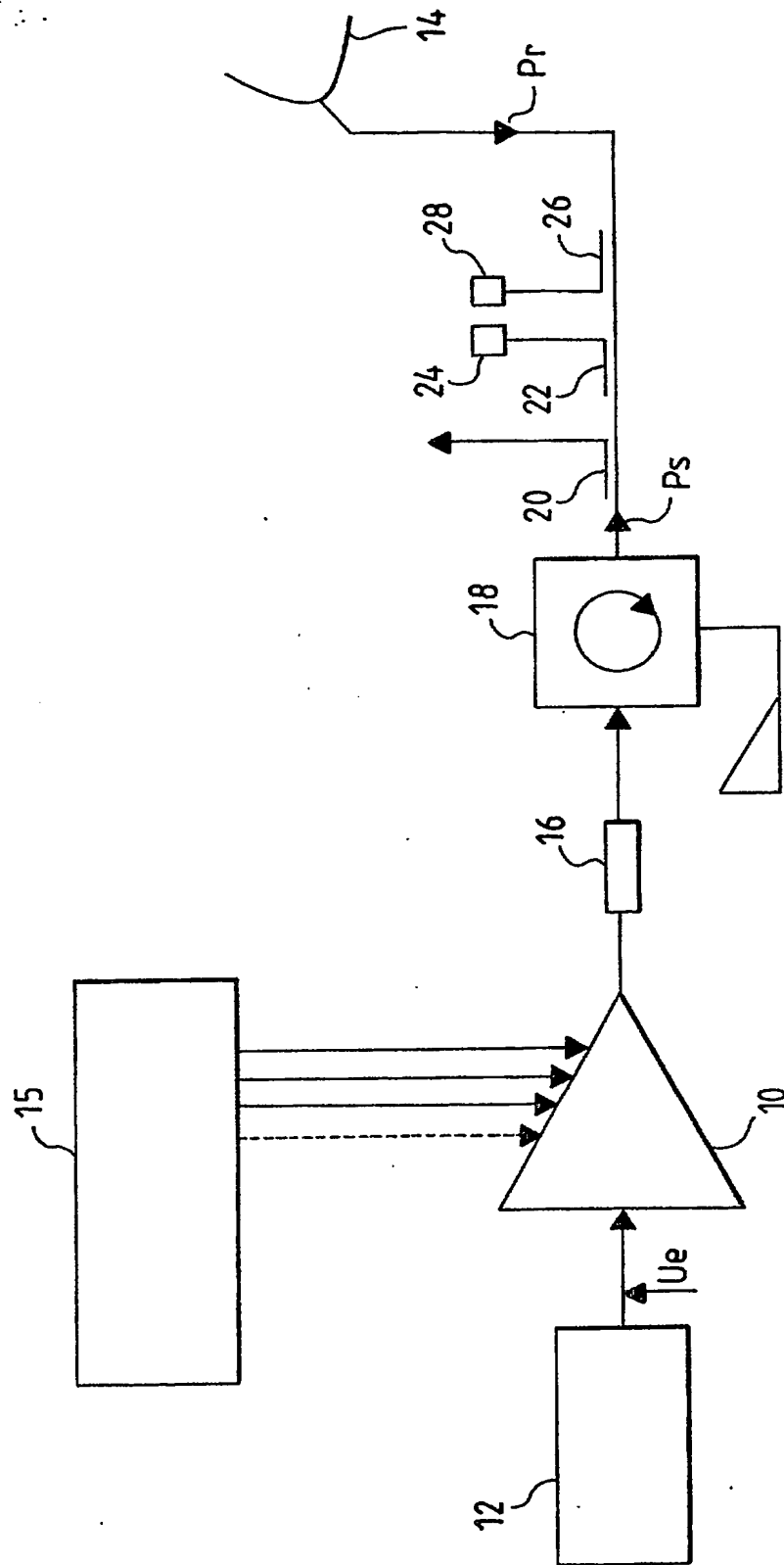
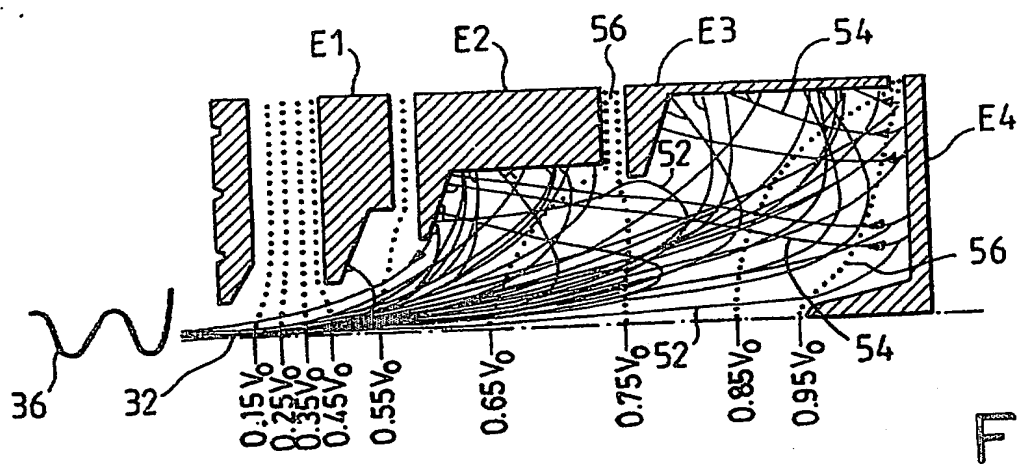
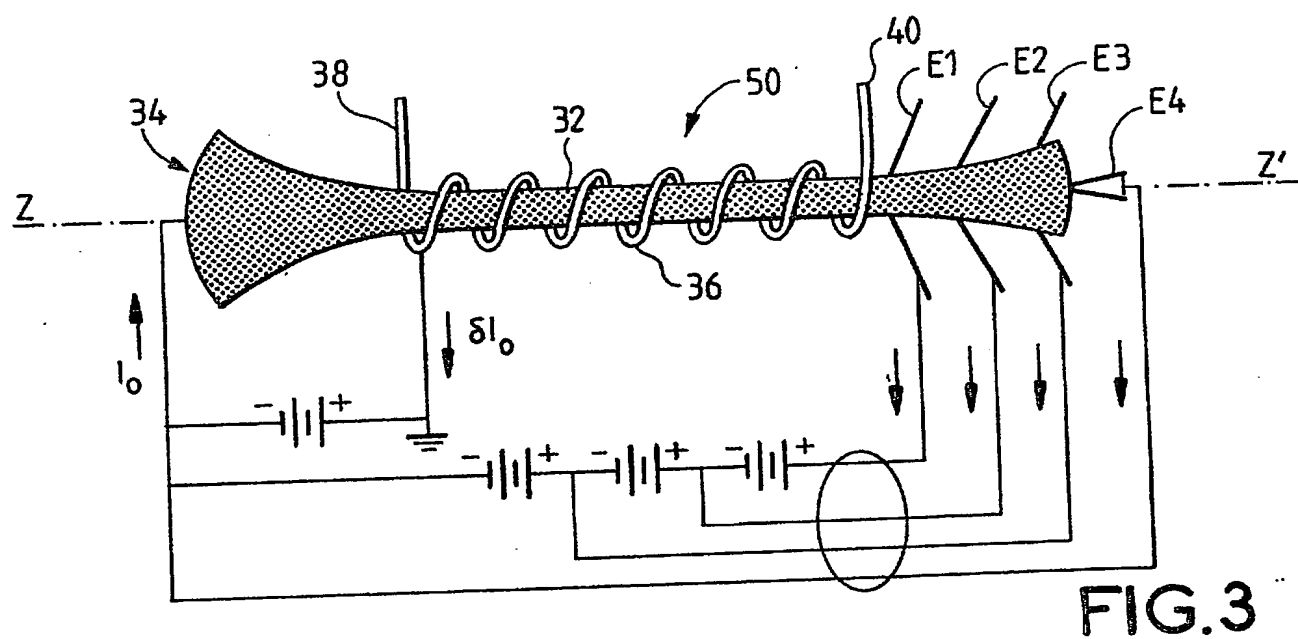
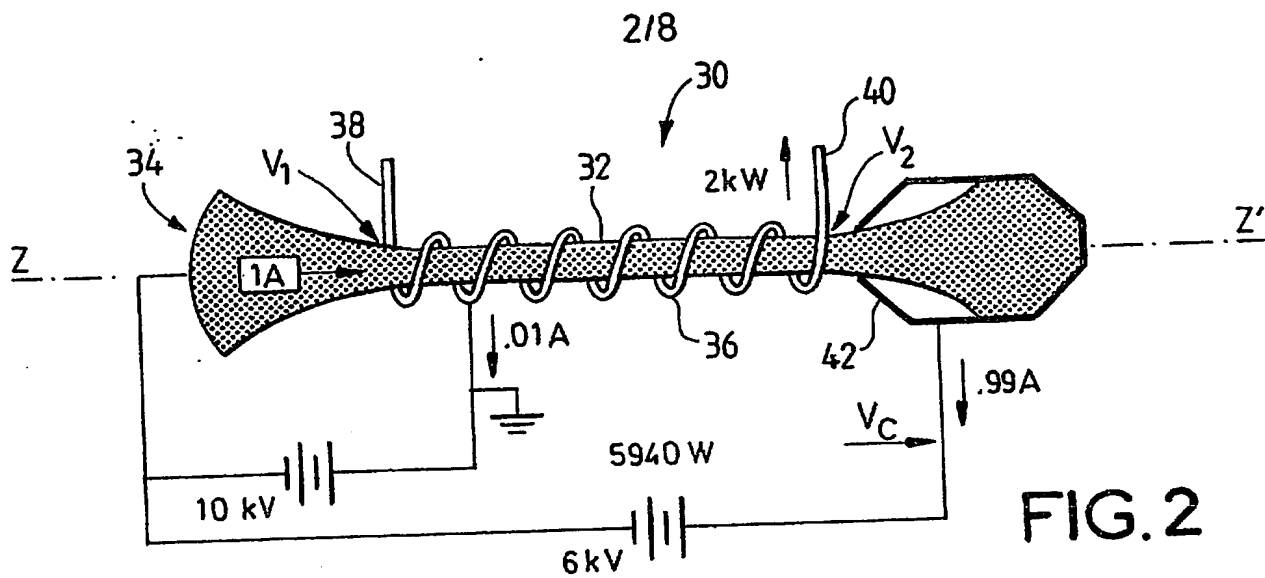


FIG.1





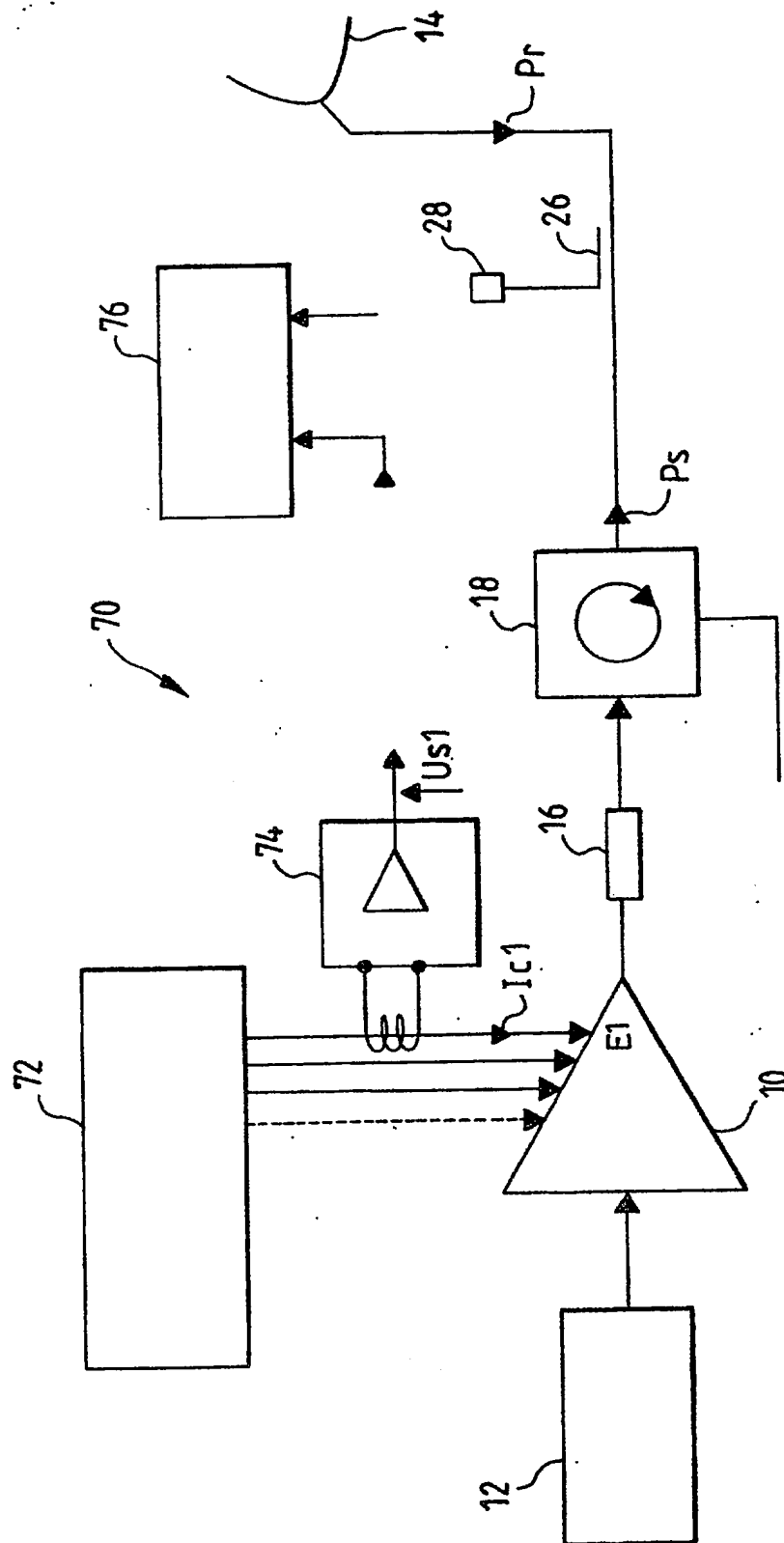


FIG.5

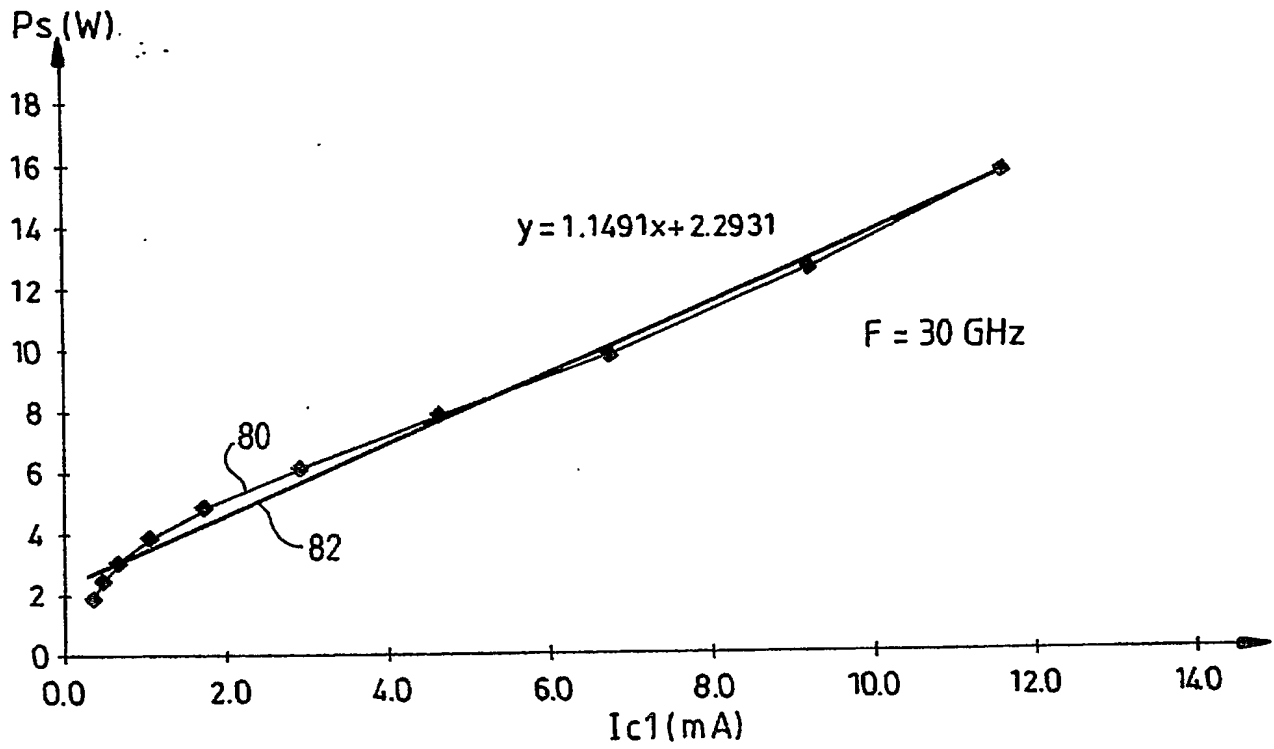


FIG.6a

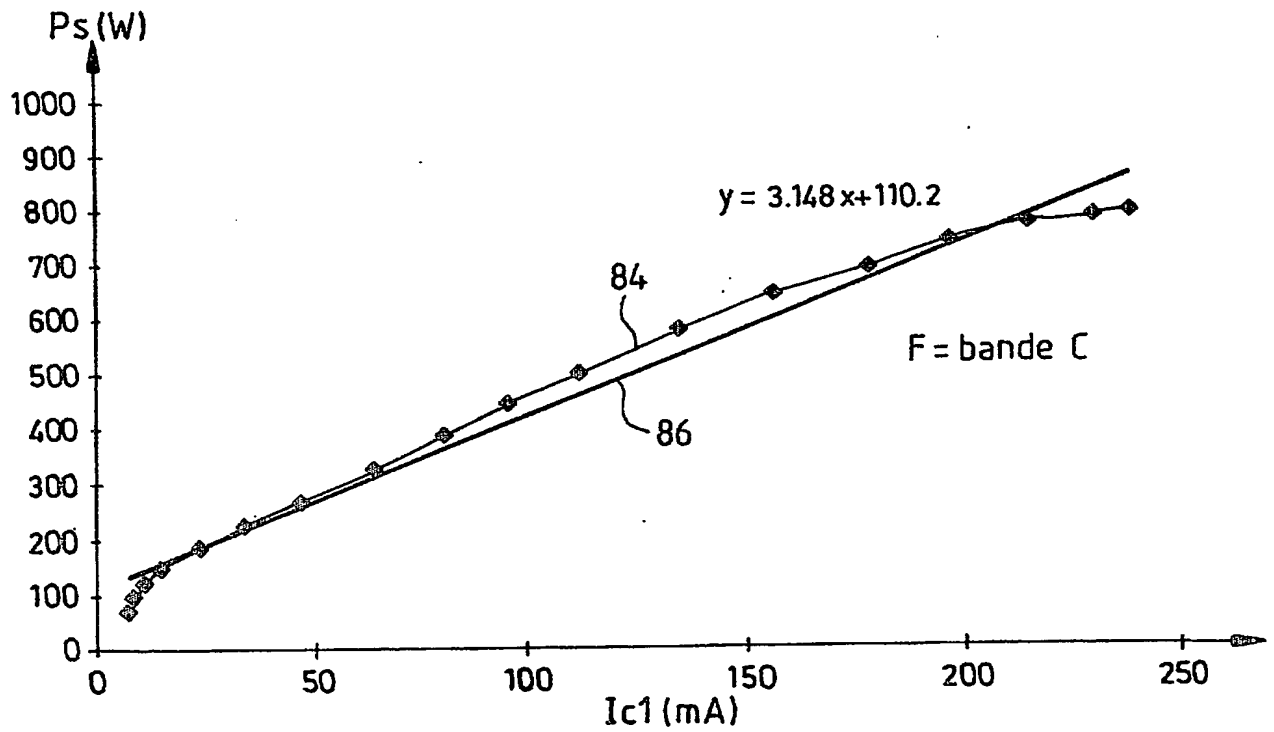


FIG.6b

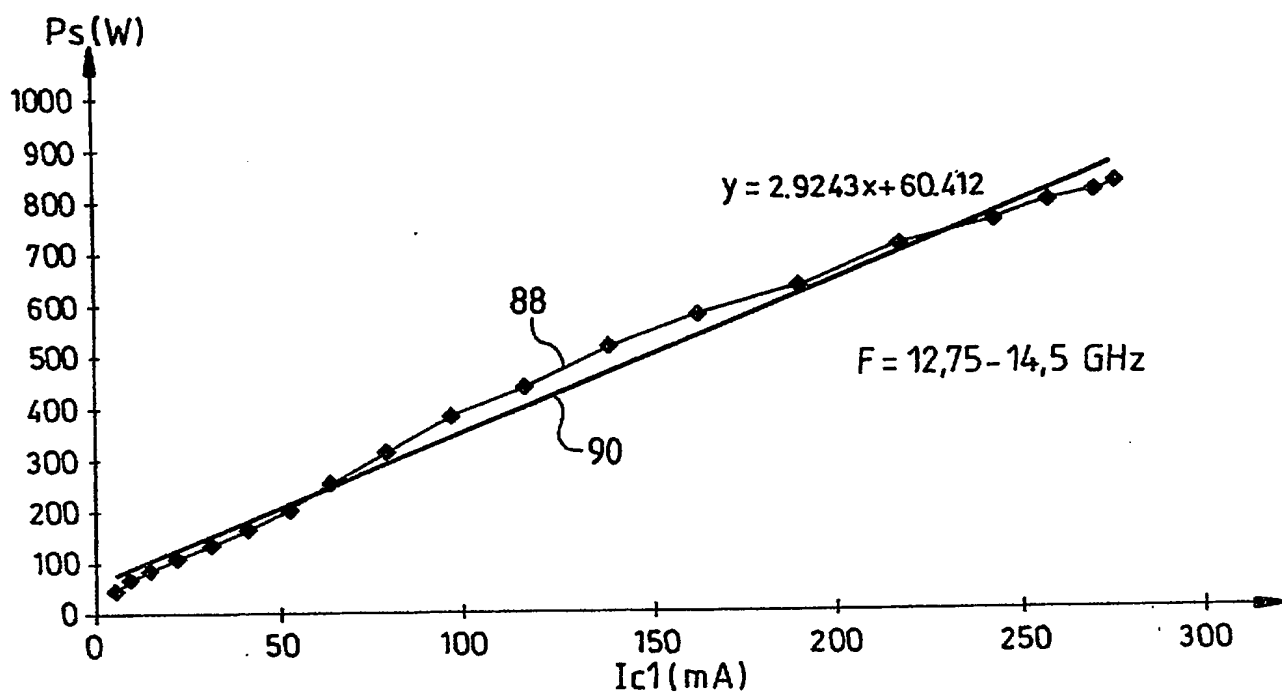


FIG.6c

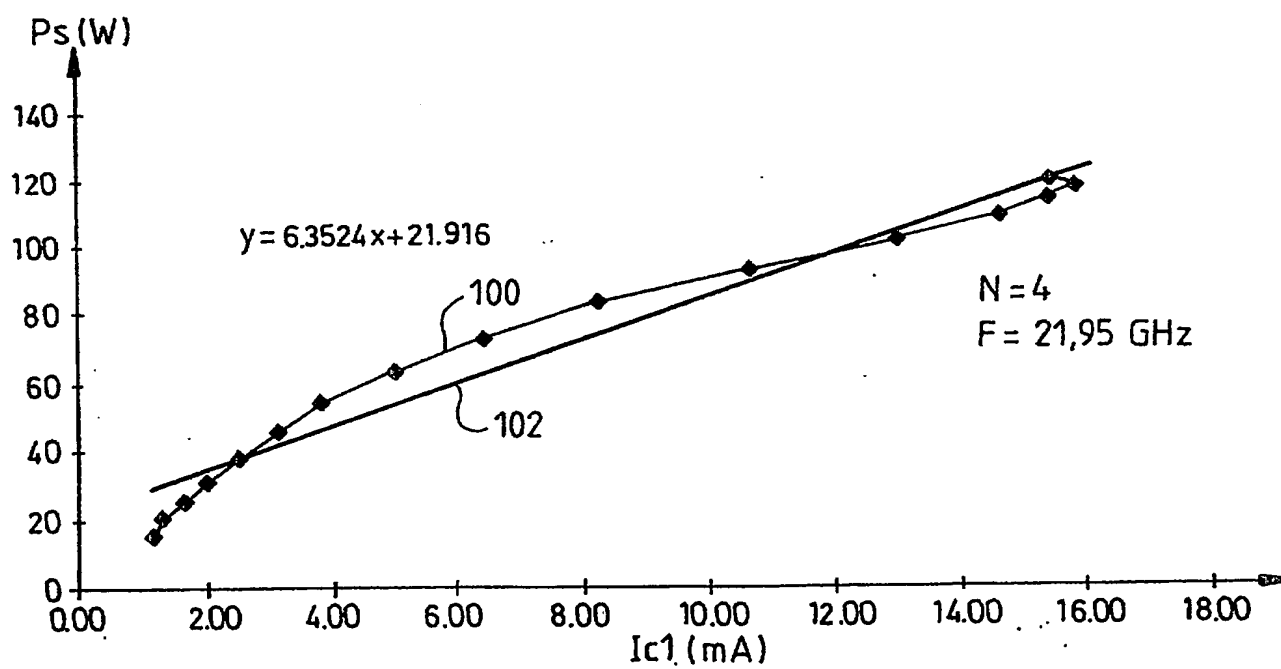


FIG.7a

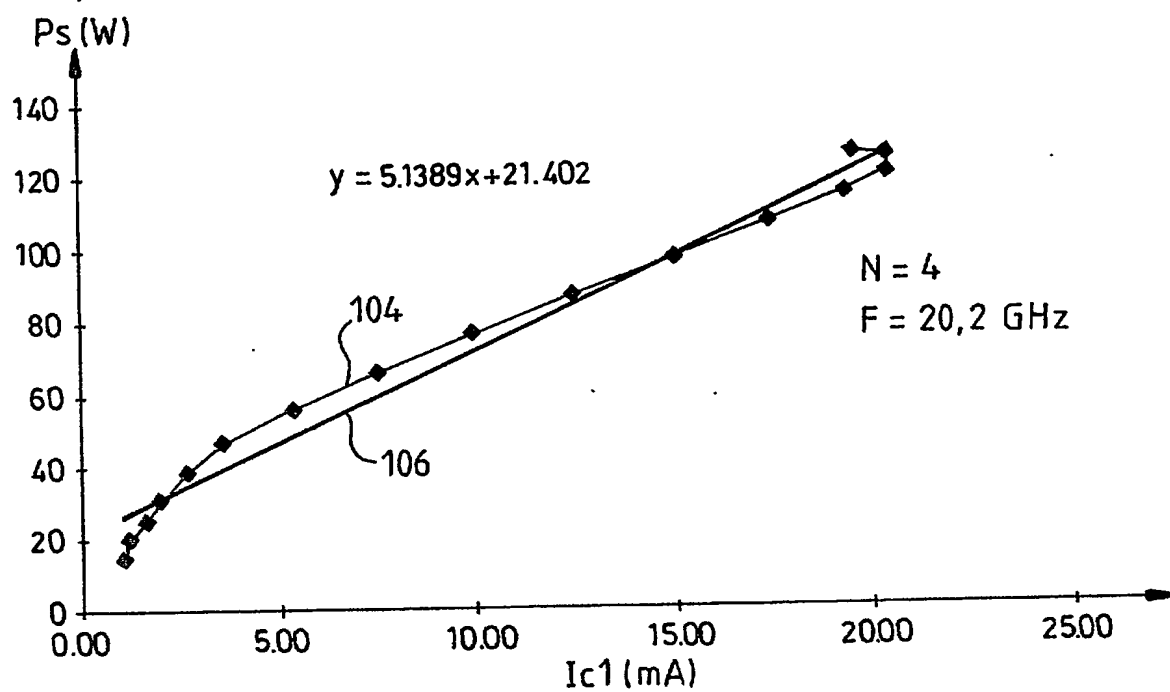


FIG. 7b

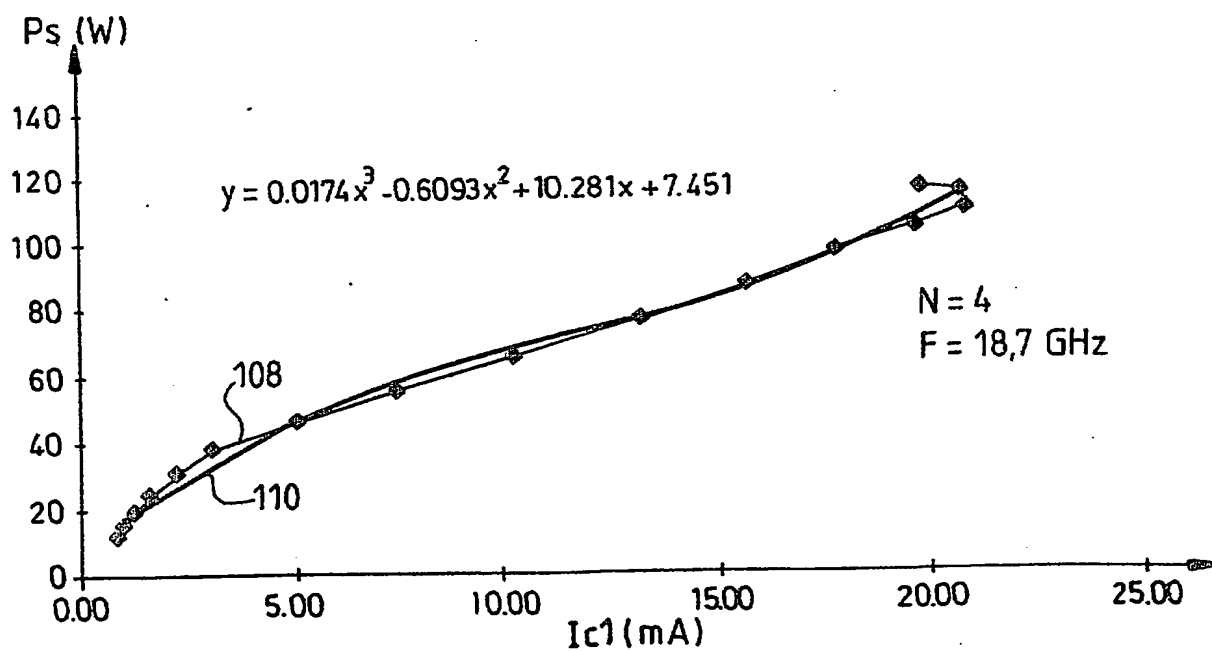


FIG. 7c

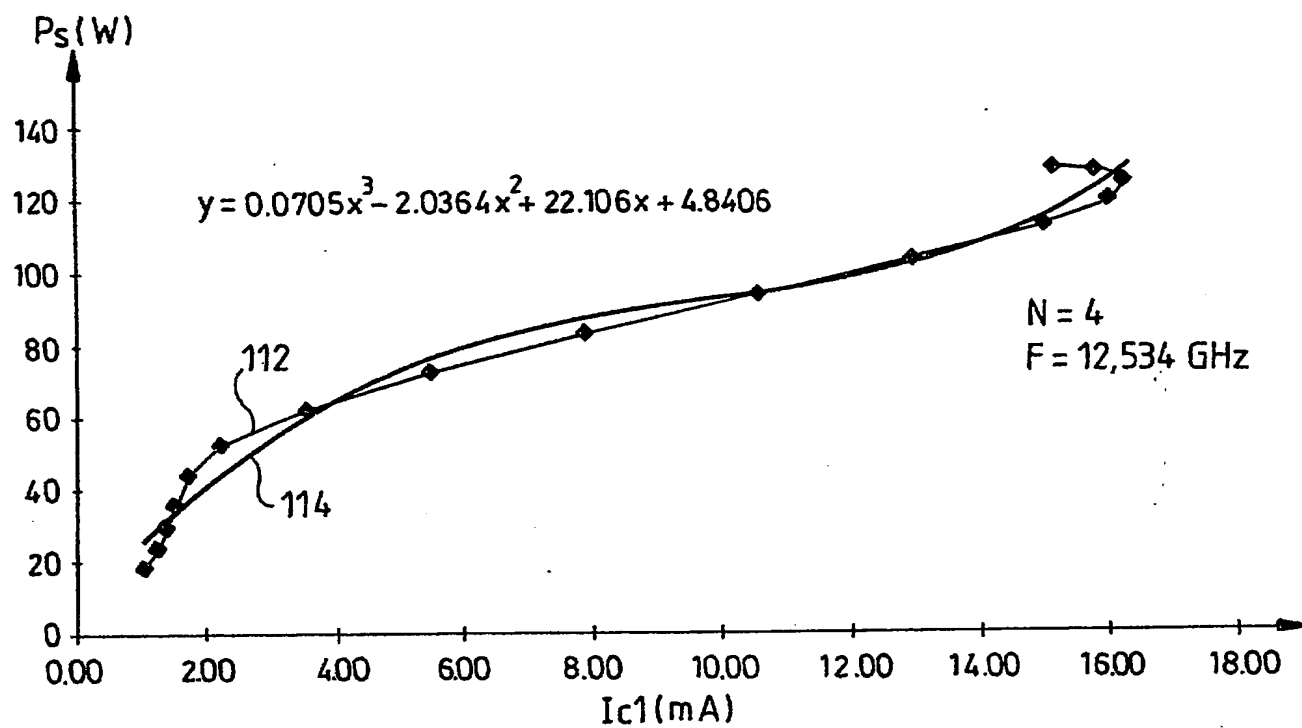


FIG.7d

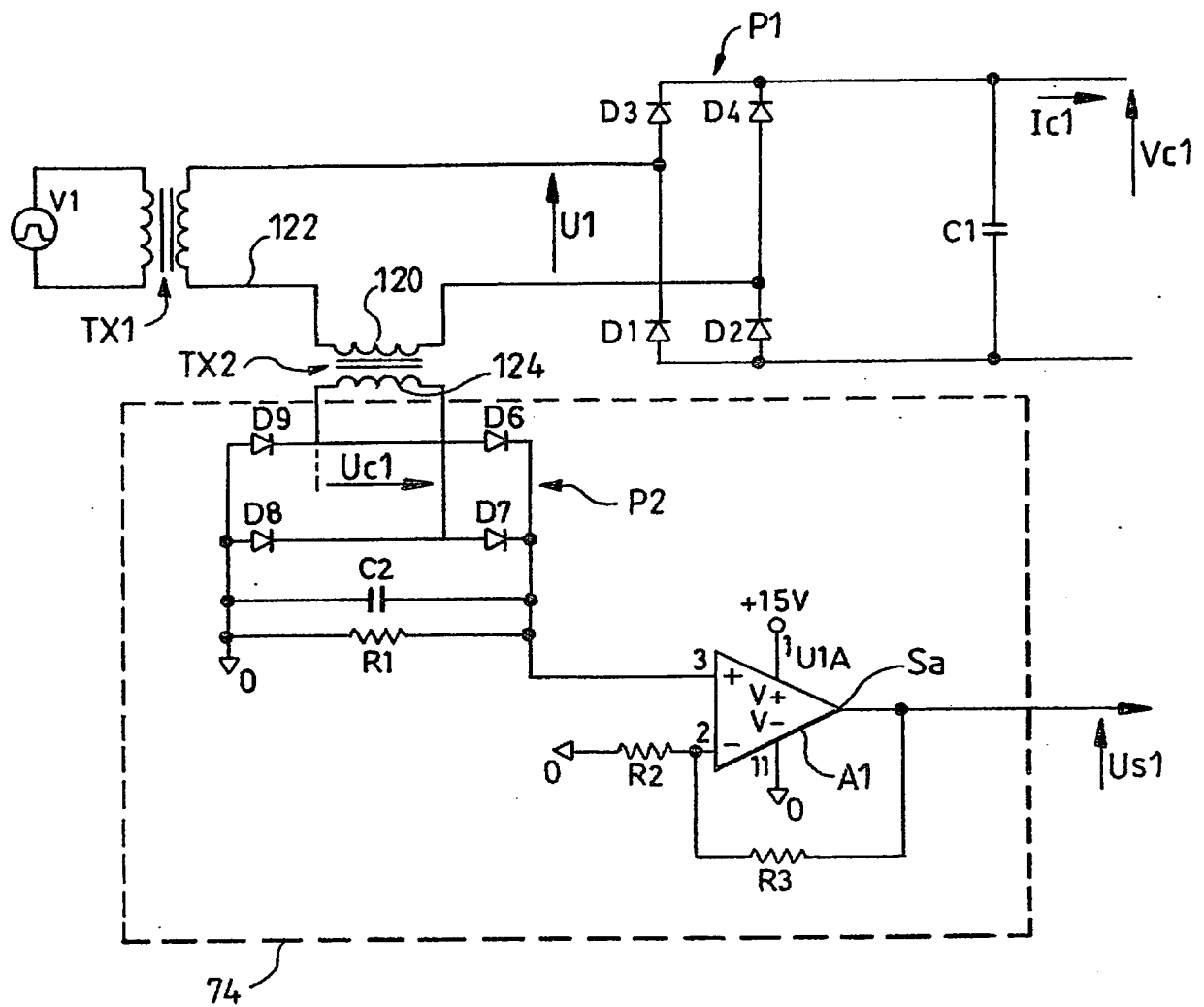


FIG. 8

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1./1..  
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		62778	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0203976	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCÉDE DE MESURE DE PUISSANCE D'AMPLIFICATEUR A TUBES HYPERFREQUENCES ET DISPOSITIF DE MISE EN OEUVRE DU PROCÉDE			
LE(S) DEMANDEUR(S) :  THALES			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		IARNO	
Prénoms		Jean-François	
Adresse	Rue	THALES INTELLECTUAL PROPERTY 13, Avenue du Président Salvador Allende	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL CEDEX
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		ROUSSEAU	
Prénoms		François	
Adresse	Rue	THALES INTELLECTUAL PROPERTY 13, Avenue du Président Salvador Allende	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL CEDEX
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)			
Mariano DOMINGUEZ			